

V-455

斜めひび割れ面を仮定したRC部材のせん断耐力算定方法

鉄建建設技術研究所 正会員 土井 至朗
 東京大学工学部 正会員 堀井 秀之
 鉄建建設技術研究所 正会員 松岡 茂
 同上 正会員 益田 彰久

1. はじめに

鉄筋コンクリート(RC)部材の破壊形態は大別すると、せん断破壊先行型と曲げ破壊先行型に分けられる。せん断破壊先行型のRC部材ではせん断耐力に達すると部材軸に対して斜めに破壊面が形成され、部材が保有する耐力が急激に失われる。一方、曲げ破壊先行型の破壊形態を示すRC部材は曲げ耐力に達しても、部材が保有している耐力が急激に失われない特性を有している。兵庫県南部地震で倒壊等の致命的な損傷が発生したコンクリート構造物の多くが古い設計基準に基づいて設計・施工されたものであり、その大部分がせん断破壊先行型の破壊形態であったことが報告されている¹⁾。せん断破壊先行型の破壊形態を示すコンクリート構造物を対象として鋼板や炭素繊維シート等によりせん断耐力を増加させることを目的とした耐震補強工法が施工されている。このような耐震補強工法を施工する場合には既設コンクリート構造物の破壊形態を的確に判定する必要がある。鋼繊維を混入することによりRC部材のせん断耐力が向上し、せん断補強鉄筋をほとんど、あるいは全く有しない場合でもせん断破壊せず、大きな変形性能を示すことが報告されている。現在、土木学会において鋼繊維の混入によるせん断耐力向上を考慮した設計指針案が検討されており、RC部材のせん断耐力を算定する手法の確立が望まれている。本研究では、せん断破壊先行型のRC部材に破壊面が部材軸に対して斜めに形成されることに注目し、事前に破壊面を仮定したせん断耐力の算定方法について検討を行った。

2. せん断破壊面

二羽ら²⁾は、せん断補強鉄筋が無いRCはりのせん断耐力の算定にせん断破壊面を仮定した計算方法が有効であることを報告している。そこで、本研究では分布ひび割れモデル³⁾を用いてせん断破壊面を推定した。計算パラメータは、引張鉄筋比、断面高さおよびせん断スパン比の3種類とし、表-1に計算パラメータと条件を示す。なお、計算ではせん断補強鉄筋を考慮していない。

計算結果によると全てのケースで、荷重点と支承点との間に生じた斜めひび割れが貫通したことにより計算が終了し、計算終了時点では主鉄筋のひずみは降伏値に達していないことからせん断破壊先行型の破壊形態を示したものと判断される。RCはりの圧縮側まで貫通した斜めひび割れをせん断破壊面であるとし、直線で近似するとせん断破壊面は図-1に示すように発生位置と角度で表すことが出来る。せん断破壊面となる斜めひび割れ発生位置は図-2に示すようにせん断スパン比と供に大きくなる傾向が見られる。一方、せん断破壊面となる斜めひび割れの角度は図-3

表-1 計算パラメータ一覧

パラメータ	計算範囲
引張鉄筋比 p	1.0%~3.0%
せん断スパン比 a/d	2~4
断面高さ d	25~200cm

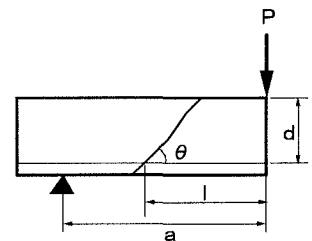


図-1 計算モデル

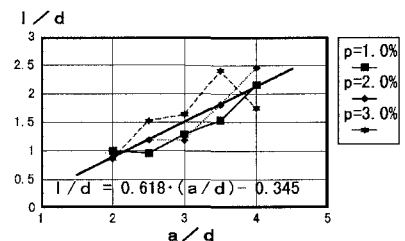


図-2 斜めひび割れ発生位置とせん断スパン比の関係

キーワード RC部材のせん断耐力、寸法効果、破壊力学

千葉県成田市新泉9-1 鉄建建設 技術研究所 TEL 0476-36-2355 FAX 0476-36-2380

に示すように引張鉄筋比・せん断スパン比により異なるが、平均的には 40 度程度であった。斜めひび割れ発生位置・角度とも断面高さの影響は少ないことが計算結果から推定された。以上の計算結果から、せん断破壊面の発生位置は図-2 中に示すようにせん断スパン比で表し、角度は 40 度一定とした。

3. せん断耐力の算定方法

せん断耐力は、二羽らが提案している手法に基づいて推定されたせん断破壊面のみにひび割れ発生要素を配置した FEM で計算を行った。なお、せん断破壊面以外のコンクリートおよび鉄筋は弾性体としてモデル化し、コンクリートと鉄筋は完全に付着しているものとした。計算では、図-4 に示すように荷重とせん断破壊面をモデル化した部分のひび割れ深さとの関係から RC はりのせん断耐力を算定した。ひび割れ深さは、RC はりの引張側からせん断破壊面上のコンクリートの引張強度に達した点までの距離を断面高さで除した値としている。計算結果によるとひび割れ深さは荷重が増加するのに伴って大きくなり、ある荷重に達するとひび割れ深さが急増する。このひび割れ深さが急増する荷重が図に示すように RC はり部材の降伏曲げ荷重以下であればせん断破壊先行型の破壊形態を示すものと考え、この荷重を RC はり部材のせん断耐力とした。

上記の方法により計算したコンクリートのせん断強度と断面高との関係を図-5 に示す。図中には、現在設計で用いられているせん断強度と断面高との関係と分布ひび割れモデルで計算した FEM 解析結果を合わせて示している。せん断破壊面を仮定した計算方法においても、断面高が高くなるとせん断強度が減少する寸法効果が生じている。しかしながら、本論文で提案した算定方法では、断面高が大きい領域において設計で用いられているせん断強度より大きな値となっている。実構造物では、せん断破壊面である斜めひび割れ先端で圧縮応力が増大し破壊に至る場合がある。本研究ではせん断破壊面以外は弾性体としており、圧縮側の非線形性を考慮していないために断面高が大きい領域で、設計せん断強度より大きな計算結果となったものと考えられる。

4. まとめ

せん断補強鉄筋を配置しないせん断破壊先行型の RC はりを対象として、せん断耐力を算定する手法を検討した。その結果をまとめると以下のようになる。

- ①せん断破壊面を直線で近似した場合、破壊面の角度は部材軸に対して 40 度と考えることができる。また、せん断破壊面の発生位置はせん断スパン比の影響を受ける。
- ②本研究で提案した手法を用いることにより、RC はり部材のせん断破壊を推定することができる。しかしながら、断面高によってはコンクリートのせん断強度が高めに算定される場合が生じる。

参考文献

- 1)鉄道総研報告：兵庫県南部地震鉄道被害調査報告書、財団法人 鉄道総合技術研究所、特別第4号、1996.4
- 2)二羽淳一郎、Zareen N、田辺忠顕：破壊力学に基づくコンクリートはりのせん断強度寸法効果解析；土木学会論文集、No.508/V-26, pp.45-53, 1995.
- 3)松岡茂、益田彰久他：ひび割れ発生・進展に支配されたコンクリート構造物の解析モデル；土木学会論文集投稿中

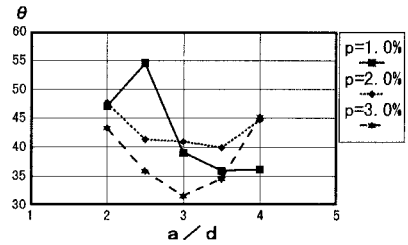


図-3 斜めひび割れ角度とせん断スパン比の関係

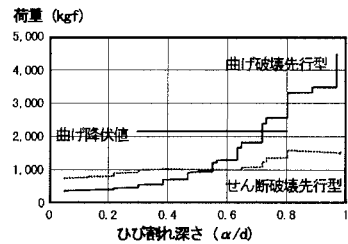


図-4 荷重とひび割れ深さの関係

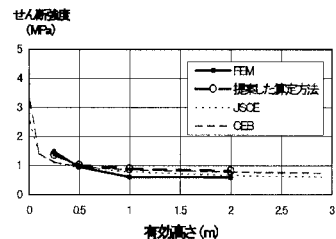


図-5 せん断強度の寸法効果